

Impacto do Número de Árvores por Hectare no Cerne de Árvores de *Eucalyptus globulus* Labill.

Isabel Miranda, Jorge Gominho, Helena Pereira

Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 1349-017 Lisboa

Resumo. Neste trabalho fez-se a determinação do cerne em *Eucalyptus globulus* Labill., estudando o efeito da densidade de plantação em árvores com 18 anos de idade, provenientes do ensaio de compassos (3x3, 3x4, 4x4 e 4x5 m) instalado no Alto do Vilão (Quinta do Furadouro). A área de cerne variou entre compassos: em média, a área de cerne nas árvores do compasso 4x5 é cerca de 1,5 a 2 vezes superior às do compasso 3x3. No entanto, a percentagem média da área de cerne em relação à área seccional foi semelhante e independente da densidade de plantação, para os casos estudados, variando entre 59,1% e 66,7%. Verificou-se, em todos os compassos, a existência de uma correlação positiva altamente significativa entre o diâmetro do cerne e o diâmetro total sem casca, pelo que quanto maior for o crescimento da árvore, traduzido pelo seu diâmetro, maior será o diâmetro do cerne.

Introdução

A formação e o desenvolvimento do cerne em árvores de crescimento rápido tem sido objecto de investigação no Centro de Estudos Florestais nos últimos anos, nomeadamente através do projecto de investigação POCTI / AGR / 34983 / 2000 “The study of heartwood as a tree and wood quality parameter in eucalyptus (*E. globulus*) used for pulping” financiado pela FCT. Alguns resultados deste projecto já foram publicados em Gominho e Pereira, (2004); Gominho *et al.*, (2004); Gominho *et al.*, (2004); Miranda, *et al.*, (2004); Morais e Pereira, (2004), Quilhó e Pereira, (2004); Tavares *et al.*, (2004) e Gominho, (2004).

A transformação de borne em cerne envolve alterações químicas resultantes da translocação de substâncias de reserva, acompanhada pela acumulação de extractivos. Para a indústria papelreira, o aumento do teor de extractivos da madeira de cerne diminui o rendimento em pasta e o seu grau de brancura e aumenta o consumo de reagentes. Deste modo a presença de cerne constitui um factor de diminuição da qualidade da madeira como matéria prima para a indústria de pasta para papel. A variação do conteúdo de cerne presente em árvores adultas é determinada por vários factores tais como a espécie, a idade, a posição na árvore, a genética, a taxa de crescimento, a área foliar, entre outros (Hillis, 1987; Wilkes, 1991; Smith *et al.*, 1996). Para o *Eucalyptus globulus* tem vindo a investigar-se alguns factores de variação do cerne por exemplo, efeitos ambientais, efeitos clonais e de silvicultura.

Neste trabalho fez-se a determinação do desenvolvimento do cerne em *Eucalyptus globulus* Labill., estudando o efeito da densidade de plantação em árvores com 18 anos de idade, provenientes do 1º ensaio de compassos instalado em Portugal, no Alto do Vilão (Quinta do Furadouro).

Material e Métodos

Foram estudadas um total de 96 árvores de *Eucalyptus globulus* Labill. com 18 anos de idade, provenientes do primeiro ensaio de compassos estabelecido em Portugal. Este ensaio foi instalado em Março de 1975, pela Celbi (Stora Enso), no Alto do Vilão (Quinta do Furadouro), e abatido em Março de 1993. A Quinta do Furadouro está localizada a 10 km do

litoral (39°20'N/9°15'W, altitude 50 m), possuindo um clima mediterrâneo temperado sob influência marítima e solo do tipo cambissolos, êutricos de arenitos.

O ensaio do Alto do Vilão consistiu em dois blocos localizados lado a lado, cada um com 5 parcelas, de diferente forma e tamanho, nos quais 5 compassos foram distribuídos de forma a haver um gradiente positivo da densidade de plantação num dos blocos e a situação oposta no bloco adjacente.

Para este estudo foram seleccionados quatro compassos por bloco, os compassos 3x3 (1 111 árvores ha⁻¹), 3x4 (833 árvores ha⁻¹), 4x4 (625 árvores ha⁻¹) e 4x5 (500 árvores ha⁻¹). De cada compasso abateram-se 12 árvores escolhidas aleatoriamente. A amostragem na árvore foi efectuada a 1,30 m de altura, retirando-se um disco com 15 cm de espessura.

Foram determinadas a área de cerne e de borne, o diâmetro médio do cerne e a espessura média de borne, utilizando-se um sistema de análise de imagem, e calculou-se a relação de áreas cerne:borne e a percentagem da área de cerne na área total.

Resultados e discussão

Os dados de crescimento no abate referentes a altura total média e diâmetro médio a 1,3 m de altura das árvores, por compasso e por bloco, são apresentados no Quadro 1

Quadro 1. Dados de crescimento das árvores de *Eucalyptus globulus* Labill com 18 anos do ensaio de compassos do Alto do Vilão. (Média e desvio padrão de 15 árvores por compasso de cada Bloco).

Compasso mxm (plantas/ha)	Bloco 1		Bloco 2	
	Diâmetro com casca (cm)	Altura total (m)	Diâmetro com casca (cm)	Altura total (m)
3x3 (1 111 plantas/ha)	24,0 (5,6)	26,2 (4,4)	23,3 (5,6)	26,0 (4,1)
3x4 (833 plantas/ha)	25,8 (5,9)	26,2 (4,1)	25,0 (5,1)	27,5 (3,2)
4x4 (625 plantas/ha)	26,6 (6,2)	25,1 (3,3)	27,4 (5,3)	27,8 (3,1)
4x5 (500 plantas/ha)	28,1 (4,9)	25,0 (2,6)	30,6 (5,5)	28,9 (2,9)

Observou-se um aumento do diâmetro médio das árvores com o aumento do espaçamento entre árvores de 24,0 a 28,1 cm no bloco 1 e de 23,3 a 30,6 cm no bloco 2. Verificou-se um pequeno decréscimo da altura total média das árvores com o aumento do espaçamento entre árvores nas parcelas do bloco 1, mas no bloco 2 verificou-se uma situação inversa. Este facto sugere que o crescimento depende do ambiente envolvente, dado que os dois blocos estão localizados lado a lado, e os compassos foram distribuídos de forma a haver um gradiente positivo da densidade de plantação num dos blocos e a situação oposta no bloco adjacente pelo que as parcelas do bloco 1 com os compassos mais apertados estavam localizados ao lado das parcelas com compassos menos apertados do bloco 2.

A análise de variância da altura total média e diâmetro médio a 1,30 metros de altura das árvores, indicou que densidade de plantação e os blocos não foram fontes de variação significativa da altura total das árvores, mas para o diâmetro a densidade de plantação foi fonte de variação altamente significativa ($P<0,001$), enquanto que o bloco ($P=0,172$) e a interacção blocoxcompasso ($P=0,896$) não apresentaram significado estatístico na variação.

Os valores médios, por compasso, da área de cerne e da área total seccional, a 1,3 m de altura total das árvores provenientes dos dois blocos do ensaio do Alto do Vilão são apresentados no Quadro 2.

Verificou-se que a área de cerne variou entre 148,0 cm² e 204,1 cm² e entre 114,9 cm² e 265,1 cm², respectivamente nas árvores do compasso com maior densidade de plantação (3x3) e nas árvores do compasso com menor densidade de plantação (4x5) dos blocos 1 e 2. Os valores médios nas árvores do compasso 4x5 são cerca de 1,5 a 2 vezes superiores aos valores médios

registados de área de cerne nas árvores do compasso 3x3. A representação gráfica da área de cerne em função do diâmetro para os quatro compassos dos dois blocos (Figura 1), evidencia a correlação positiva entre a área de cerne e o diâmetro das árvores a 1,30 m. Quanto maior for o crescimento da árvore, traduzido pelo seu diâmetro, maior será a área de cerne. Este facto sugere que a formação de cerne nas árvores depende do crescimento das árvores e, por consequência, da densidade do povoamento.

Quadro 2. Valores médios da área de cerne, borne e da área total seccional, espessura de borne, percentagem de área de cerne e razão cerne:borne, registados em amostras de discos de *E. globulus* de diferentes espaçamentos dos dois blocos do ensaio experimental do Alto do Vilão. (Média e desvio padrão de 12 árvores por compasso de cada bloco).

Bloco 1				Espessura de borne (mm)	área de cerne %	Cerne:borne
Compassos	Área total (cm²)					
	Total	Cerne	Borne			
3x3	232,53 (83,4)	148,00 (62,3)	84,5 (25,2)	18 (3,3)	61,9 (9,2)	1,7 (0,5)
3x4	276,31 (90,0)	183,06 (65,0)	93,3 (31,5)	17 (4,3)	66,3 (6,3)	2,1 (0,7)
4x4	291,33 (111,9)	186,54 (90,5)	104,8 (26,3)	20 (2,7)	62,3 (6,4)	1,7 (0,5)
4x5	315,29 (90,2)	204,07 (72,1)	111,2 (27,6)	20 (4,2)	63,7 (8,4)	1,9 (0,5)
Bloco 2				Espessura de borne (mm)	área de cerne %	Cerne:borne
Compassos	Área total (cm²)					
	Total	Cerne	Borne			
3x3	188,90 (95,7)	114,95 (65,4)	73,9 (32,4)	17 (3,8)	59,1 (6,7)	1,5 (0,4)
3x4	246,25 (73,4)	151,25 (47,330)	95,0 (32,8)	19 (4,6)	61,6 (6,1)	1,7 (0,5)
4x4	285,22 (108,1)	180,28 (76,6)	104,9 (36,2)	20 (3,7)	62,0 (6,4)	1,7 (0,5)
4x5	413,21 (127,9)	265,10 (105,1)	148,1 (50,8)	23 (8,1)	63,3 (10,7)	1,9 (0,6)

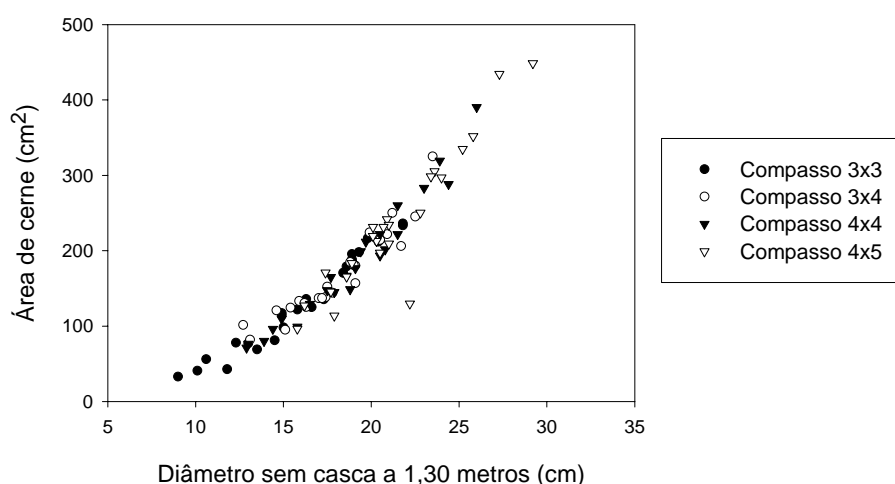


Figura 1. Representação da área total de cerne e o diâmetro a 1,3 m de altura para as árvores dos 4 compassos dos dois blocos. ($y = -204,25 + 20,69 x$; $r^2 = 0,91$).

Os valores médios da percentagem da área de cerne em relação à área seccional, medidos no nível 1,30 m de altura total, foram semelhantes e independentes da densidade de plantação e do bloco. A percentagem da área de cerne variou entre 59,1 % e 66,7 %.

Verificou-se um aumento da área de borne com o aumento do espaçamento entre as árvores. A área de borne variou entre 84,5 cm² e 111,2 cm² e entre 73,9 cm² e 14811 mm², respectivamente, nas árvores do compasso de 3x3 e 4x4 dos blocos 1 e 2. A área de borne registada nas árvores do compasso maior (4x5) é cerca de 1,3 e 2 vezes superior aos valores obtidos nas árvores do compasso menor (3x3). A representação gráfica da área de borne em função do diâmetro das árvores a 1,30 m da altura total (Figura 2), mostra uma correlação positiva, embora menor do que a verificada para a área de cerne. Quanto maior é o crescimento da árvore, traduzido pelo seu diâmetro, maior será a área do borne.

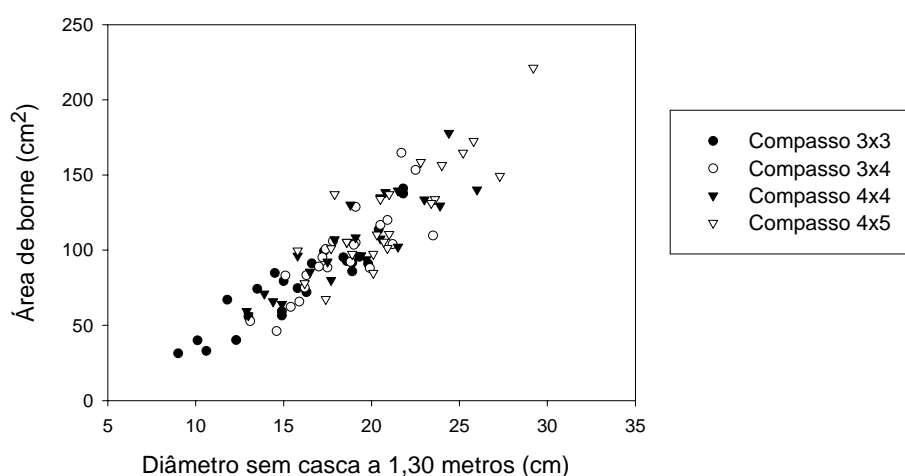


Figura 2. Área de borne em função do diâmetro total para todas as árvores dos quatro compassos. ($y = -49,41 + 8,11 x$; $r^2 = 0,80$).

A variação da espessura de borne com a densidade de plantação é menor do que a da área de borne, embora se observe uma ligeira tendência da diminuição da largura de borne com o aumento do número de árvores/ha. A variação observada foi entre 17 mm para o compasso 3x4 e 20 mm para o compasso 4x5 no bloco 1, e, entre 17 mm e 23 mm no bloco 2.

A análise de variância indicou que densidade de plantação foi fonte de variação altamente significativa na área de cerne ($P < 0,001$) e na área de borne ($P < 0,001$), enquanto que o bloco ($P = 0,869$ e $P = 0,309$, respectivamente) e a interacção blocoxcompasso ($P = 0,109$ e $P = 0,089$, respectivamente) não apresentaram significado estatístico na variação. Do mesmo modo, a análise de variância indicou que o compasso ($P = 0,012$) contribuiu de forma significativa para a variação da largura de borne, enquanto que o bloco ($P = 0,219$) e a interacção blocoxcompasso ($P = 0,399$) não apresentaram significado estatístico na variação. A análise de variância da percentagem de cerne mostrou que o bloco ($P = 0,203$) e o compasso ($P = 0,406$) não apresentaram significado estatístico na variação.

A análise da relação entre parâmetros foi feita através de uma correlação de Spearman para cada compasso separadamente e para o total dos compassos, cujos principais resultados se apresentam no Quadro 3.

Verificou-se, em todos os compassos, a existência de uma correlação positiva altamente significativa entre o diâmetro do cerne e o diâmetro total sem casca, pelo que, quanto maior for o crescimento da árvore, traduzido pelo seu diâmetro, maior será o diâmetro do cerne.

Quadro 3. Correlação de Spearman entre diferentes parâmetros, por compasso e para todos os compassos.

Correlação	Compasso	r ²	P
Diâmetro cerne e diâmetro total	3x3	0,990	0,000
	3x4	0,970	0,000
	4x4	0,983	0,000
	4x5	0,890	0,000
	Todos os compassos	0,959	0,000
Largura de borne e diâmetro total	3x3	0,468	0,021
	3x4	0,545	0,006
	4x4	0,367	0,077
	4x5	0,338	0,105
	Todos os compassos	0,471	0,000
% de cerne e diâmetro total	3x3	0,535	0,007
	3x4	0,016	0,937
	4x4	0,655	0,000
	4x5	0,328	0,116
	Todos os compassos	0,448	0,000
Cerne/borne e área de cerne	3x3	0,622	0,001
	3x4	0,207	0,328
	4x4	0,726	0,000
	4x5	0,639	0,000
	Todos os compassos	0,627	0,000
Área de borne e diâmetro total	3x3	0,913	0,000
	3x4	0,897	0,000
	4x4	0,886	0,000
	4x5	0,806	0,000
	Todos os compassos	0,899	0,000

A área de borne e o diâmetro total sem casca da árvore apresentaram correlação positiva e altamente significativa, com coeficientes de correlação elevados e quanto maior for o crescimento da árvore, traduzido pelo seu diâmetro, maior será a área do borne. A largura de borne e o diâmetro total sem casca também apresentaram correlação positiva, embora os coeficientes de correlação sejam, em geral, menores do que para o caso do diâmetro do cerne. A proporção de cerne, medida através da % de área de cerne ou da razão de áreas cerne:borne, mostra uma correlação positiva pequena com o diâmetro total sem casca embora significativa em alguns casos. Neste caso, o diâmetro da árvore não parece influenciar de forma inequívoca o desenvolvimento relativo do cerne. No entanto, esta proporção, está fortemente relacionada e com alto significado estatístico, com a dimensão do cerne pelo que parece haver a tendência para que os cerne com maior área correspondam também a uma maior proporção de cerne na árvore.

Conclusão

A quantidade de cerne nas árvores depende do compasso, aumentando significativamente com a diminuição do número de árvores por hectare. O compasso nos casos estudados (3x3, 3x4, 4x4, 4x5 m) não influenciou a proporção relativa de cerne. Verificou-se uma relação significativa entre o diâmetro da árvore e o diâmetro do cerne, ou seja, quanto maior for o crescimento da árvore traduzido pelo seu diâmetro maior será a área de cerne.

Bibliografia

- Gominho J. e H. Pereira. (2004). The influence of tree spacing in heartwood content in *Eucalyptus globulus* Labill., *Wood Fiber Sci.* (in press)
- Gominho J., J. Rodrigues e H. Pereira (2004). Heartwood and sapwood extractives in the eucalypt hybrid *urograndis* (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) – effects on kraft pulping. In: “*Eucalyptus in a Changing World*” (Eds. N.M.G. Borralho, J.S. Pereira, C. Marques, J. Coutinho, M. Madeira and M. Tomé) Pg 684-687. Proc. IUFRO Conf., Aveiro, 11-15 Oct. (RAIZ, Instituto de Investigação da Floresta e Papel, Portugal).
- Gominho J: S. Knapic e H. Pereira (2004) Cerne e borne – Factores de variação da qualidade tecnológica das árvores. *Ciência e Tecnologia dos Materiais* (submetido)..
- Hillis, W. E.. 1987. Heartwood and tree exudates. Springer-Verlag. Berlin. 268 pp.
- Gominho (2004). “Variação do cerne no eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) e a sua influência na qualidade da madeira para produção de pastas para papel” Tese de Doutoramento em Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa
Orientador Prof. Helena Pereira (Defesa da dissertação em Novembro de 2004)
- Miranda, I., J. Gominho, S. Oliveira e H. Pereira (2004). The influence of growth factors on heartwood content in 18 year old *Eucalyptus globulus* Labill. Trees. In: “*Eucalyptus in a Changing World*” (Eds. N.M.G. Borralho, J.S. Pereira, C. Marques, J. Coutinho, M. Madeira and M. Tomé) Pg 694-696. Proc. IUFRO Conf., Aveiro, 11-15 Oct. (RAIZ, Instituto de Investigação da Floresta e Papel, Portugal).
- Moraes M.C. and H. Pereira (2004) “Variability of sapwood, heartwood and extractives in *Eucalyptus globulus*”. In: “*Eucalypts in a Changing World*” (Eds. N.M.G. Borralho, J.S. Pereira, C. Marques, J. Coutinho, M. Madeira and M. Tomé) Pp 697-698. Proc. IUFRO Conf., Aveiro, 11-15 Oct. (RAIZ, Instituto de Investigação da Floresta e papel, Portugal).
- Pereira H. (2004) “Heartwood in *Eucalyptus* and its impact on pulping. A review” In: “*Eucalypts in a Changing World*” (Eds. N.M.G. Borralho, J.S. Pereira, C. Marques, J. Coutinho, M. Madeira and M. Tomé) Pp 667. Proc. IUFRO Conf., Aveiro, 11-15 Oct. (RAIZ, Instituto de Investigação da Floresta e papel, Portugal).
- Quilhó, T. and H. Pereira (2004) “Variation of fibre biometry in the wood of the hybrid *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*” In: “*Eucalypts in a Changing World*” (Eds. N.M.G. Borralho, J.S. Pereira, C. Marques, J. Coutinho, M. Madeira and M. Tomé) Pp 699-700. Proc. IUFRO Conf., Aveiro, 11-15 Oct. (RAIZ, Instituto de Investigação da Floresta e papel, Portugal).
- Smith H.G., J. Walters e R.W. Wellwood. 1996. Variation in sapwood thickness of Douglas-fir in relation to tree and section characteristics. *Forest Sc.* 12(1):87-103.
- Tavares, F., Monteiro C., Monteiro J. and H. Pereira (2004). “Radial variation of fibre length and vessel characteristics of *Eucalyptus globulus* Labill. at the end of the second rotation” In: “*Eucalypts in a Changing World*” (Eds. N.M.G. Borralho, J.S. Pereira, C. Marques, J. Coutinho, M. Madeira and M. Tomé) Pp 707-708. Proc. IUFRO Conf., Aveiro, 11-15 Oct. (RAIZ, Instituto de Investigação da Floresta e papel, Portugal).
- Wilkes, J.. 1991. Heartwood development and its relationship to growth in *Pinus radiata*. *Wood Sci. Technol.* 25:85-90.